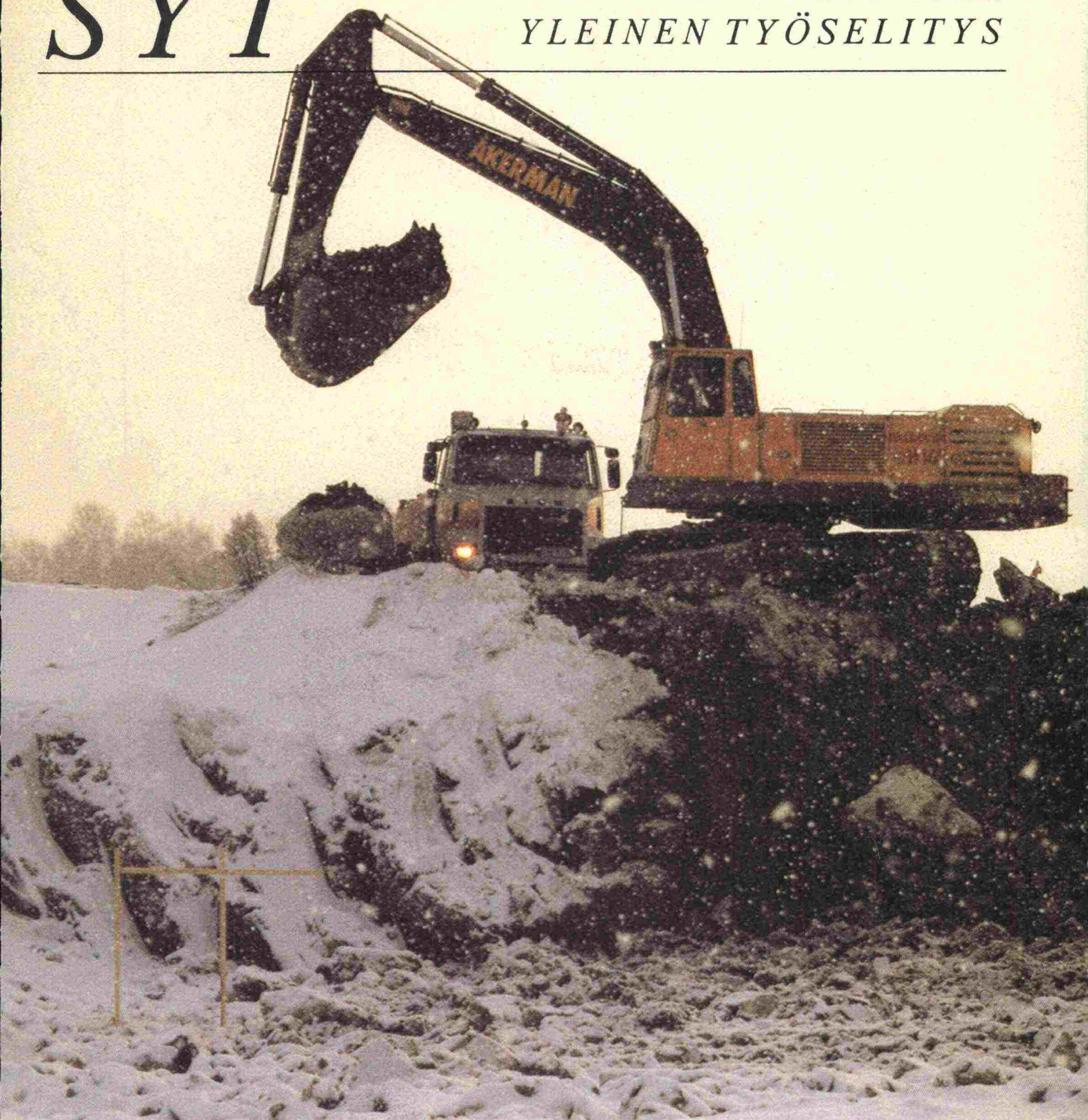


# SYT

SILLANRAKENNUKSEN  
YLEINEN TYÖSELITYS



# MAARAKENNUSTYÖT

*Tie- ja vesirakennushallitus 1988*

TVH 732209

B 04.01

70

Kor e

~~Lappala~~

Lehtonen ~~62~~

Mannonen ~~100~~

Möttönen ~~100~~

~~Petäjistö~~

Torniaainen ~~100~~

~~Vehniäinen~~

PAL: ~~100~~



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS  
Rakennusosasto  
Tienrakennustoimisto

x MÄÄRÄYS  
x OHJE  
MUU OHJAUS  
Pvm

NRO  
Rs- 80  
ASIARYHMÄ  
C.3.3.2.1

30. 9. 1988

Säädösperusta Työjärjestys

Vastaanottaja

Voimassa

Toistaiseksi

Tie- ja vesirakennuspiirit

Korvaa  
SYT 3100-3300: Alustavat työt,  
kaivu-, louhinta-, uoma- ja väylä-  
työt, maarakenteet ja täyttötyöt  
TVH 1985

Kohdistuvuus  
TVH x TVL

Muu valtionhallinto

Ulkopuoliset

#### SILLANRAKENNUKSEN YLEINEN TYÖSELITYS: MAARAKENNUSTYÖT

Tätä sillanrakennustöiden yleisen työselityksen osaa noudatetaan silta- ja lauttalaituritoihin sisältyvis-  
sä maarakennustöissä.

Leveällä palstalla on esitetty työn toteutusta koske-  
vat sitovat määräykset. Kapealla palstalla on esitet-  
ty ohjeellinen teksti (merkitty O-kirjaimella) sekä  
valvontaa koskevia ohjeita (merkitty V-kirjaimella).

Tämän työselityksen uusiminen ja ajantasalle laitta-  
minen johtuu sillanrakennuksen yleisen työselityksen  
osan 3000: Yleistä, uusimisesta. Suurimmat muutokset  
ovat kohtaan 1: Yleistä, liittyviä asioita, kuten  
työssä noudattavia asiakirjoja, töiden yleistä jär-  
jestelyä siltapaikalla ja mittauksia käsitteleviä  
tekstejä. Eroosiosuojausta ja lämpöeristeitä koskevat  
määräykset on myös osittain uusittu.

Osastopäällikkö

*Antti Talvitie*  
Antti Talvitie

Toimiston päällikön po:ssa  
toimistoinsinööri

*Juha Salmenkaita*  
Juha Salmenkaita

#### Lisätietoja

Jouko Lämsä  
TVH/Tienrakennustoimisto  
puh. (90) 1541

#### Myynti

TVH/Lomakevarasto  
PL 33  
00521 HELSINKI  
puh. (90) 154 2052

./..



## TIEDOKSI:

R  
Rt/siltatekn. henkilökunta  
Rt  
Rm + teknillinen henkilökunta  
Rr  
S  
Sts  
Sss + teknillinen henkilökunta  
Kp  
V  
Vs  
Vr  
VR/siltaryhmä 5 kpl  
HKR/katurakennusosasto 3 kpl  
Siltaurakoitsijat  
SRUL  
SRLl  
RIL  
VTT/Geotekniikan laboratorio  
TKK/rakennusinsinööri osasto  
Oulun Yliopisto/rakennusinsinööri osasto  
TTKK/ - " -  
LTKK/ - " -  
Teknilliset oppilaitokset/yhdyskuntatekniikan osasto  
Kirjasto/ohjeluettelo C.3.2.2.1

JLä/SH



TIE- JA VESIRAKENNUSLAITOS

SILLANRAKENNUSTÖIDEN YLEINEN  
TYÖSELITYS

3100: ALUSTAVAT TYÖT

3200: KAIVU-, LOUHINTA-, UOMA- JA VAYLATYÖT

3300: MAARAKENTEET JA TÄYTTÖTYÖT

Helsinki 1988

ISBN 951-47-1009-6

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. YLEISTÄ (LITT 3100-3400)	1
1.1 Soveltamisalue	1
1.2 Työssä noudatettavat asiakirjat	1
1.3 Laatuvaatimukset	1
1.4 Pohjatutkimusten ja maaperätietojen tarkistaminen	1
1.41 Maaperä	1
1.42 Vedenpinnan korkeus	2
1.43 Kallio	2
1.5 Töiden yleinen järjestely siltapaikalla	2
1.6 Painuma- ja siirtymämittaukset	4
1.7 Talvirakentaminen	4
3100 ALUSTAVAT TYÖT	5
3200 KAIVU-, LOUHINTA-, UOMA- JA VÄYLÄTYÖT	5
1. MAANKAIVUTYÖT (LITT 3210)	5
1.1 Kaivannon seinien tuenta	5
1.11 Uraseinät	5
1.111 Puu-uraseinät	6
1.112 Teräsuraseinät	7
1.2 Erikoisperustukset	8
1.21 Kaivoperustukset	8
1.22 Arkku- ja kasuuniperustukset	9
1.3 Maankaivu	10
1.31 Peruskuopan luiskaaminen	10
1.32 Peruskuopan pohjan käsittely maan varaan perustettaessa	13



1.33	Kaivutyön suorittaminen paaluille perustettaessa	14
1.34	Kaivumassojen käyttö ja läjitys	14
1.35	Peruskuopan kuivanapito ja työnaikaiset eroosiosuojaukset	15
1.351	Avokuopasta pumppaaminen	15
1.352	Pohjavedenpinnan alentaminen	16
1.36	Vedenalainen kaivutyö	17
2.	LOUHINTATYÖT (LITT 3220)	18
2.1	<b>Yleistä</b>	18
2.2	<b>Louhinta</b>	19
2.21	Kalliopinnan paljastaminen	19
2.22	Seinämien ja pohjien louhinta	20
2.221	Louhintatavat	20
2.222	Seinämien louhinta	20
2.223	Pohjien louhinta	21
2.23	Louhitun pinnan viimeistely	21
2.24	Kallion lujitustyöt	22
2.3	<b>Vedenalainen louhinta</b>	22
2.31	Yleistä	22
2.32	Louhintamenetelmät ja työtarkkuus	22
2.321	Louhinta vedenpinnalta	22
2.322	Louhinta sukeltajatyönä	22
2.323	Työtarkkuus	22
2.33	Louhitun pinnan viimeistely vedenalaisena työnä	23
2.4	<b>Kalliolle perustaminen</b>	23
3.	UOMA- JA VÄYLÄTYÖT (LITT 3230)	24
3.1	<b>Uomien ja väylien perkaus</b>	24
3.11	Uomat	24
3.12	Väylät	24
3.2	<b>Eroosiosuojaukset</b>	25
3300	<b>MAARAKENTEET JA TÄYTTÖTYÖT</b>	26
1.	MAAPATOTYÖT (LITT 3310)	26
2.	TÄYTTÖTYÖT (LITT 3320)	29

2.1	<b>Perustamistason alapuoliset täyttötyöt</b>	29
2.11	Täytteen varaan perustaminen	29
2.12	Täyttötyöt paaluperustuksia käytettäessä	30
2.2	<b>Perustamistason yläpuoliset täyttötyöt</b>	31
2.21	Sillan taustan täyttö	31
3.	<b>MAAPOHJAN VAHVISTUSTYÖT (LITT 3330)</b>	32
3.1	<b>Tiivistyspaalutus</b>	32
3.2	<b>Maapohjan injektointi</b>	33
3.3	<b>Alusbetoni</b>	34
3.4	<b>Lämpöeristeet</b>	34



1. Yleistä

1.1 Soveltamisalue

Tätä sillanrakennustöiden yleisen työselityksen osaa noudatetaan silta- ja lauttalaituriin sisältyvissä maarakennustöissä.

Tästä työselityksestä käytetään lyhennystä "SYT 3100-3300".

1.2 Työssä noudatettavat asiakirjat

Työssä noudatettavat asiakirjat on lueteltu SYT 3000:ssa kohdassa 1.4.

Tässä työselityksen osassa valvontaohjeet on merkitty kirjaimella V ja ne on esitetty kapeampipalstaisella tekstillä. Suositukset ja ohjeet on merkitty kirjaimella O ja ne on myös esitetty kapeampipalstaisella tekstillä.

1.3 Laatuvaatimukset

Eri työvaiheiden yhteydessä esitettyjä vaatimuksia eri rakenteiden toleransseista, täyttöjen tiivistämisestä, käytettävistä materiaaleista jne. on noudatettava, ellei suunnitelmassa ole muuta esitettyä.

1.4 Pohjatutkimusten ja maaperätietojen tarkistaminen

1.4.1 Maaperä

Maalajit voidaan luokitella joko geoteknisen tai rakennusteknillisen luokituksen mukaisesti. Luokitusperusteet, nimitykset ja lyhennykset ilmenevät geoteknisen luokituksen osalta VTT:n geotekniikan laboratorion tiedonannosta nro 14, vuodelta 1974 "Geotekninen maaluokitus" ja rakennusteknillisen luokituksen osalta TVL:n maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeiden (TVH 732 660) osasta I sivuilta 90...94 ja 314...321. Suunnitelma-asiakirjoista ilmenee, kumpaa maalajiluokitusta on käytetty.

Sillan maankaivu- ja perustamistöiden aikana on tarkkailtava, ovatko pohjasuhteet suunnitelma-asiakirjojen mukaiset. Erityisesti on varmistauduttava siitä, että maapohjan laatu ja kantavuus perustamistasolla ovat suunnitelman mukaiset.

- V Tavallisesti riittää kaivutyön yhteydessä tapahtuva maan laadun ja vaihteluiden silmä-määräinen tarkistus.

#### 1.42 Vedenpinnan korkeus

Rakennustyön aikana on tarkistettava, vastaako vesistösiltojen kohdalla vesistön vedenpinnan korkeus ja kuivan maan silttojen kohdalla pohjavedenpinnan korkeus suunnitteluvaiheessa lähtötietoina käytettyjä arvoja.

- V Erot vedenpinnan korkeuksissa on selvitettävä mahdollisimman varhaisessa työvaiheessa, koska muutokset korkeustiedoissa voivat vaatia suunnitelman muuttamista.

#### 1.43 Kallio

Myös kallion pinnan aseman ja kallion kelpoisuuden toteaminen sekä mahdolliset poikkeamat suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä on tarkistettava mahdollisimman tarkoin ja ajoissa. Normaalisti ei vaadita suoritettavaksi erillisiä tarkistustoimenpiteitä ennen töiden aloittamista, vaan tarkistus tapahtuu työn edistymisen mukaan. Kallion laatu tarkistetaan aina kallion pinnan puhdistamisen jälkeen ennen perustusten laudoitusta.

- O Jotta suunnitelma-asiakirjojen perusteella voitaisiin työmaalla arvioida, onko tarpeen ennen töiden aloittamista suorittaa tarkistustoimenpiteitä kallion korkeusaseman varmistamiseksi, on alla mainittu ne tutkimusmenetelmät, joilla kallion pinnan asema voidaan määrittää tarkasti tutkimuspisteen kohdalla:

- avokalliohavainnot
- koekuopat
- porakonekairaukset.

Muilla pohjatutkimusmenetelmillä ei yleensä voida luotettavasti selvittää, onko tutkimus ulottunut kallion pintaan asti.

- V Työn aikana suoritettavien tarkistustoimenpiteiden tarve on arvioitava ottaen huomioon paikalliset olosuhteet, perustettava rakenne ja suunnitteluvaiheessa suoritettujen tutkimusten määrä ja laatu.

#### 1.5 Töiden yleinen järjestely siltapaikalla

Kaivutöihin ryhdyttäessä on otettava huomioon viereisten tieosuuksien ja muiden rakenteiden sillan maankaivu- ja perustamistöille asettamat rajoitukset. Tällaisia ovat esim. kaivutyöjärjestys, ylipenkereiden painuma-aikavaraukset ja poistoajankohta, massanvaihtotyöt ja johtotyöt, uoman siirto ja putkitus.



Ellei siltasuunnitelmassa ole muuta esitetty, noudatetaan seuraavassa esitettyjä määräyksiä.

Paaluttamalla perustettavan sillan maatuen liittyessä massanvaihdon varaan tehtävään tiepenkereeseen tulee massanvaihto tehdä ennen sillan paalutustöitä. Paalutustyö voidaan aloittaa vasta sen jälkeen, kun työkohtaisessa työselityksessä tai siltapiirustuksessa määrätyt painuma- ja siirtymämittaukset osoittavat suunnitelman mukaiseen tasoon ja laajuuteen rakennetun penkereen painumisen päättyneen. Painuma- ja siirtymämittaukset suoritetaan kohdassa 1.6 esitetyllä tavalla.

Siltoihin liittyvillä paalutetuilla pengerosilla tulee lyödä olosuhteista riippuen sillan paalutettua tukea lähinnä olevat 5...10 riviä pengarpaaluja ennen siltapaalujen lyöntiä.

O Työselityksissä esitetty painuma-aika on työn suunnittelua varten annettu arvio, johon on varauduttava. Lopullinen painuma-aika määräytyy painuma- ja siirtymämittausten perusteella.

Kiertotietä suunniteltaessa on otettava huomioon varsinaisen tiepenkereen mahdolliset vahvistustavat esim. massanvaihtokaivanto tai pengertämällä tehtävän massanvaihdon aiheuttama pohjamaan nousu ja siirtymien ympäristössä. Mikäli peruskuoppa tehdään tuettuna ja kiertotie tulee tukiseinän välittömään läheisyyteen, on kiertotien aiheuttama kuormitus otettava huomioon tukirakenteita mitoittaessa.

O Kun kiertotie tehdään luiskatun peruskuopan viereen, on peruskuopan seinämien ollessa kitkamaata tai moreenia luiskan kaltevuuden oltava riittävän loiva (vrt. kohta 3200/1.31 Peruskuopan luiskaaminen). Koheesiomaissa luiskan pysyvyys on tarkistettava geoteknisiin selvityksiin.

V Ennen peruskuopan kaivamisen aloittamista on valvojan tarkastettava kaivannon tuentasuunnitelma. Tässä yhteydessä tulee myös tarkastaa, että mahdollisen kiertotien aiheuttama kuormitus on otettu huomioon tukirakenteiden mitoituksessa.

Koko rakennustyön ajan on tarkkailtava kiertotieessä mahdollisesti esiintyviä liikkeitä ja mikäli niitä ilmenee, on ryhdyttävä tarvittaviin toimenpiteisiin, esim. peruskuopan tuennan vahvistamiseen.

Mikäli rakennettavan sillan pohjatutkimukset eivät riitä varasillan suunnitteluun tai perustamistöiden toteuttamiseen, tulee pohjatutkimuksia varasillan kohdalla täydentää.

- O Koheesiomaassa tulee varasillan päätytukien vakavuus tarkistaa geoteknisiin selvityksiin. Kitkamaa- ja moreenipohjalla päätytukien vakavuus varmistetaan käyttämällä riittävän loivia luiskia. Päätytukien vakavuuslaskelmissa voidaan soveltaa PTL:n ohjetta "Siltojen päätytukien suunnittelua ja rakentamista koskeva suositus", TVH 732028.
- V Ennen varasillan rakentamisen aloittamista tulee tarkastaa siitä laadittu suunnitelma. Tarkastuksessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että päätytukien perustamissuunnitelma perustuu luotettaviin maaperätietoihin ja tarvittaessa geoteknisiin selvityksiin.
- Varasillan tukien painumia tulee seurata ja mahdollisesti syntyvät painumat korjata tarvittaessa.

#### 1.6 Penkereiden painuma- ja siirtymämittaukset

Kun työkohtaisessa työselityksessä tai siltapiirustuksessa on penkereelle määrätty seisonta-aika, tulee penkereen liikkeitä seurata penkereeseen asennettujen painuma- ja/tai siirtymämittareiden avulla. Painuma- ja siirtymämittarit asennetaan työkohtaisessa työselityksessä esitettyihin paikkoihin. Painumamittaukset tehdään, ellei suunnitelmassa muuta määrätä, tienrakennustöiden yleisen työselityksen TYT 1500 kohdan 1510-1530 ja pohjanvahvistustöiden laadunvalvontaohjeiden (TVH 732177) kohdan 4.2 ohjeita soveltaen. Mittaustulokset esitetään graafisesti aikapainumakäyrinä. Jos painumista aiheuttavaa kuormitusta lisätään painumamittausten aikana pengertä korottamalla, on aikapainumakäyrään liitettävä myös aikakuormituskäyrä (ks. pohjanvahvistustöiden laadunvalvontaohje TVH 732177).

Siirtymämittaukset suoritetaan työkohtaisen työselityksen ja pohjanvahvistustöiden laadunvalvontaohjeiden mukaisesti.

Mikäli penkereen havaitaan vielä liikkuvan suunnitelmassa esitetyn painuma-ajan loppuessa, on otettava yhteyttä piirin maatutkimusinsinööriin, joka tarvittaessa neuvottelee maatutkimustoimiston kanssa jatkotoimenpiteistä.

#### 1.7 Talvirakentaminen

Maan jäätyminen on perustusten alla estettävä rakennusjärjestelyin. Talvirakentamista on käsitelty tarkemmin jäljempänä kohdissa 3200/1.1, 3200/1.31... 1.33, 3300/2.



3100

**ALUSTAVAT TYÖT**

Alustaviin töihin kuuluu rakennettavan sillan kohdalla olevan vanhan sillan, lossirakenteiden ja muiden rakenteiden purku ja poisto. Työ on tehtävä vahingoittamatta säilytettäviä rakenteita. Jos koko silta, tuet tai osa niistä määrätään jätettäväksi purkamatta, on nämä rakenteet kunnostettava suunnitelmassa esitettyyn kuntoon.

Vesistösiltojen osalta on purkutyössä noudatettava suunnitelmassa annettuja määräyksiä.

Kaapeleiden, vesi- ja viemärijohtojen ym. laitteiden siirto ja suojaus tehdään suunnitelmien mukaisesti. Ennen kaivu-, louhinta- ym. töiden aloittamista on selvitettävä ja tarkistettava siltapaikalla olevien johtojen ja kaapeleiden tarkka sijainti. Työn aikana on varottava vaurioittamasta ko. laitteita. Työn suorituksessa on noudatettava ao. laitteiden omistajien antamia määräyksiä ja työohjeita. Omistajaan on syytä ottaa yhteys ennen työhön ryhtymistä. Omistajalta saa myös tarkemmat tiedot johtojen ja kaapeleiden sijainnista ja syvyydestä.

3200

**KAIVU-. LOUHINTA-, UOMA- JA VÄYLÄTYÖT**

1.

**MAANKAIVUTYÖT**

1.1

**Kaivannon seinien tuenta**

1.11

**Uraseinät**

Ellei kaivantoa voida luiskata kohdassa 3200/1.31 annettujen ohjeiden mukaisesti, on kaivanto tehtävä tuettuna kaivantona. Kaivutyössä on otettava huomioon työturvallisuusmääräykset.

O

Kaivantojen tukemiseen liittyviä ohjeita on annettu VTT:n geotekniikan laboratorion tiedonannoissa nro 28/1977 "Pienten kaivantojen tukeminen" ja nro 29/1977 "Johtokaivantojen tukemishjeet".

Kaivutyö ja tukeminen tulee suorittaa huolellisesti siten, että kaivannon pohjan ja ympärillä olevan maan häiriintyminen jää mahdollisimman vähäiseksi. Tuettavat seinät on tehtävä mahdollisimman pystysuoriksi ja yhdensuuntaisiksi. Tukiseinän tulee liittyä tiiviisti maata vastaan. Tukiseinä on upotettava niin syvään ja tuenta järjestettävä niin, ettei seinä pääse siirtymään. Tukiseinän yläreuna on ulotettava vähintään 0,3 m ympäröivää maanpintaa korkeammalle. Jos tukeminen suoritetaan vasta kaivun jälkeen, on tukiseinän ja maan välinen mahdollinen tyhjä tila aina huolella täytettävä sitä mukaa kuin tukiseinä tehdään.

Talvityössä tulee ottaa huomioon maan mahdollinen jäätyminen tukiseinän takana. Jäätyminen saattaa aiheuttaa suuria lisärasituksia, mikä voidaan estää kiilloja löyhdyttämällä.

Syvien, ankkuroitujen ja pitkään auki olevien kaivantojen osalla on maan jäätyminen estettävä routaeristeitä, massanvaihtoa tms. käyttäen.

Tukiseinä mitoitetetaan siihen kohdistuvalle maan- ja vedenpaineelle sekä mahdollisille hyötykuormille. Lisäksi tulee estää kaivannon pohjan nouseminen tukiseinien välissä. Tämä vaatimus on erityisen merkityksellinen kaivannoissa, jotka on kaivettu pehmeisiin tai löyhiin hienorakeisiin maakerroksiin, kuten esim. pehmeään saveen tai hienoon hiekkaan ja silttiin.

O Kaivumassat tulisi pyrkiä läjittämään vähintään kaivusyvyyden etäisyydelle kaivannosta. Mikäli läjitystä suoritetaan lähemmäksi kaivantoa, voidaan kaivumassojen vaikutus tukiseinään likimäärin ottaa huomioon suurentamalla laskelmissa käytettävää kaivusyvyyttä.

Syvien kaivantojen tukiseinistä on laadittava staattiset laskelmat ja rakennepiirustukset, jotka on esitettävä valvojan hyväksyttäväksi. Yksityiskohtaiset suunnitelmat on laadittava aina myös silloin, kun tukiseiniin kohdistuu liikenteestä tai ulkopuolisesta rakenteesta aiheutuvaa kuormitusta.

Suunnittelussa on käytettävä "Rakenteiden kuormitusnormien" mukaisia hyötykuormia, ellei toisin määrätä.

Väliaikaiset tukirakenteet on purettava niiltä osin kuin niistä on haittaa. Vaadittaessa on maan sisään tai veden alle jätettävistä apurakenteista laadittava piirustukset arkistointia varten.

#### 1.111 Puu-uraseinät

Matalahkoissa koheesiomaahan ja löyhään kitkamaahan tehtävissä kavannoissa voidaan kaivannon tuentaan käyttää puu-uraseiniä.

Tukiseinään käytettävän rakennesahatavaran tulee täyttää puurakenteiden suunnitteluohjeiden (RIL 120/T 30) lujuusluokan laatuvaatimukset. Tukiseinään käytettävien uralankkujen paksuuden tulee yleensä olla vähintään 50 mm ja vaakatukiin sekä juoksuihin käytettävän materiaalin normaalisti vähintään 100 x 100 mm.

Lankut lyödään maahan yleensä yksitellen esim. paineilmavasaralla käyttäen lankun yläpään lyöntisuojana tarvittaessa teräslevyä. Pehmeässä savimaassa lankut voidaan upottaa kaivukoneen kauhalla painamalla. Lankut viistetään toiselta syrjältäään, jotta ne maahan lyötäessä painuvat tiiviisti toistensa uriin. Seinä



tuetaan kaivun edistymisen myötä niin, että juoksujen ja vaakatukien välit eivät tule väliaikaisestikaan liian suuriksi.

Seinä-lankkujen, juoksujen ja vaakatukien jatkamista on vältettävä. Seinä-lankkuja ei saa jatkaa alimman vaakatuken kohdalla. Mahdolliset jatkokset on sijoitettava eri tasoille.

Mikäli juoksujen jatkokset sijoitetaan samalle tukiseinän kohdalle vaakatukien puoliväliin, on vaakatukien etäisyyttä tarvittaessa pienennettävä jatkoksen molemmin puolin. Juoksujen paikallaan pysyminen on varmistettava siteillä. Nurkkaliitoksia ei saa tehdä loveamalla. Kaivannon pitemmän sivun juoksu voidaan tukea kaivannon lyhyemmän sivun pituisella vähintään 50 mm paksulla lankulla, joka naulataan kiinni lyhyemmän sivun vaakajuoksuun. Naulaus on suoritettava hyvin, ettei lankku nurjahda. Lisäksi juoksut tuetaan nurkissa paarteilla.

Tukien kiilaamiseen on käytettävä havupuisia kiiloja. Kiilan leveyden tulee olla sama kuin juoksun leveys. Tukien paikallaan pysyminen on varmistettava paarteilla tuen ja juoksun liitoskohdassa.

Pilarikuoppien uraseinät tuetaan yleensä kehillä, jotka tällöin toimivat sekä juoksuina että vaakatukina.

Jos peruskuopan tukena ja samalla peruslaatan valumuottina käytetään uraseiniä ne saa yleensä jättää paikoilleen. Lankut on katkaistava maanpinnan tasosta, vesistösilloissa uoman pohjan korkeudelta, ei kuitenkaan peruslaatan yläpinnan alapuolelta, ellei esim. vesioikeuden lupaehdoissa ole muita määräyksiä. Siinä tapauksessa, että perustus on maanvarainen, ei puu-uraseiniä saa poistaa peruslaatan pohjan alapuolelta.

V Työn aikana on tarkkailtava seinä-rakenteen mahdollisia liikkeitä. Irronneet vaakatuget on kiilattava kiinni ja mahdollisesti ylikuormitetut osat vahvistettava. Mikäli työssä syntyy pitempiaikainen tauko, on tukiseinät tarkistettava ja tarpeen vaatiessa korjattava ja vahvistettava ennen töiden jatkamista.

#### 1.112 Teräsuraseinät

Puuponttiseiniä sijasta voidaan käyttää teräsponttiseiniä erityisesti tiiviiseen maaperään tehtävissä syvissä kaivannoissa. Teräksen tulee olla vähintään laatua Fe 37B.

O Teräsuraseinät voidaan lyödä paalutuskonetta, tärtyjunttaa tai riittävän tehokasta ponttivasaraa käyttäen. Ennen lyöntiä asen-

netaan maanpintaan ohjauspalkit, jotta lankut saadaan pysymään halutussa suunnassa. Kallistumisen estämiseksi ponttilankut lyödään ryhmissä lyöden ensimmäisessä vaiheessa niin syvälle kuin niiden pystyssäpysyminen vaatii. Toisessa vaiheessa lyödään kaikki ryhmän lankut täyteen syvyyteen ja jatketaan lyöntiä uudella ryhmällä.

Lyötäessä pontteja erittäin tiiviiseen, kiviseen tai lohkareiseen maahan, johon teräsponttia on vaikea saada tunkeutumaan, voidaan menetellä seuraavasti:

- ponttien lyönti järjestetään kaivun edistymisen myötä, mikäli tämä tuki- ja kaivujärjestelyjen puolesta on mahdollista
- suoritetaan kivien ja lohkareiden poistamiseksi seinälinjan kohdalla ennakkoporaus ja tarvittaessa räjäytyksiä
- poistetaan ponttiseinälinjan kohdalta kiviset ja lohkareiset massat kaivinkoneella ennen ponttien lyöntiä.

Seinä tuetaan suunnitelman edellyttämiltä tasoilta kaivun edistymisen mukaan kapeissa kaivannoissa yleensä sisäpuolisia tukia käyttäen. Jos seinämän on oltava vesitiivis, on kallioon ulotettavien teräsponttiseinien juuri yleensä tiivistettävä kaivannon sisäpuolelle maankaivun jälkeen valettavalla teräsbetonipalkilla tai muulla sopivalla tavalla.

V Samoin kuin paalutustöistä, myös teräsponttiseinistä työmaan on laadittava työn edistymisen mukaan toteutumapiirustus, johon merkitään kunkin lankun alapään tunkeutumistaso.

## 1.2 Erikoisperustukset

### 1.21 Kaivoperustukset

Kaivoperustus tehdään kaivonrenkaista, jotka upotetaan suunnitelmien mukaisesti kantavaan pohjaan tai tarvittaessa kallioon poistamalla maata renkaiden sisältä samalla kun renkaita kuormitetaan.

Uppokaivorakenne tehdään betonirakenteiden työohjeiden ja suunnitelmapiirustusten mukaisesti. Rakenne upotetaan suunnitelmien mukaiseen syvyyteen poistamalla maata tasaisesti kaivon sisäpuolelta seinien alta.

O Upotusta voidaan edistää muotoilemalla uppo-kaivon alaosa leikkaavaksi teräksi ja käyttämällä lisäkuormitusta.

Upottamisen helpottamiseksi voidaan tehdä laajempi luiskattu alkukaivanto. Renkaiden



tai uppokaivon sisältä kaivamiseen siirryttään, kun kaivannon syvyys tai vesi edellyttävät kaivannon tukemista.

Uppokaivorakennetta käytettäessä kaivutyö ja pohjan valu tehdään yleensä vedenalaisena työnä. Kun vedentulo on vähäistä eikä ole pohjan murtumavaaraa, tehdään kaivutyö kuivatyönä sisäpuolelta pumppaamalla.

Erikoistapauksissa voidaan vedenalaisen kaivutyön sijasta alentaa pohjavedenpintaa kaivannon ulkopuolelle sijoitettavista suodatinputkista pumppaamalla.

Renkaiden tai uppokaivon seinien tasaisen painumisen varmistamiseksi on kaivu tehtävä tasaisina kerroksina. Seinän alle jäävät kivet on poistettava tai rikkottava varovasti. Kivien rikkomista räjäyttämällä on vältettävä. Jos kaivo painuu epätasaisesti, on tämä heti korjattava asianmukaisin toimenpitein, esim. poistamalla maata vähemmän painuneen reunan alta.

Kalliolle perustettaessa on kallionpinta tasattava vaakasuoraksi perustuksen kohdalla, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty. Maa-aines on poistettava kallion päältä ennen valua niin, että perustus ulottuu koko pinnaltaan kallioon.

Mikäli perustukseen kohdistuu pääasiassa pystysuoria kuormia, voidaan kallion pinta jättää tasoittamatta valvojan luvalla, jos kallion kaltevuus on pienempi kuin  $15^\circ$ .

## 1.22 Arkku- ja kasuuniperustukset

Arkkuperustus tehdään upottamalla hirsistä, lankuista tai teräsbetonista ennalta rakennettu arkkurakenne valmiiksi rakennetulle tai tasoitetulle alustalle käyttäen tarvittaessa täytettä (lohkareita) painona.

Kasuuniperustus tehdään vastaavasti upottamalla tasatulle alustalle teräsbetonista valmistettu laatikko-mainen tai lieriömäinen pohjalla varustettu rakenne, joka kuljetetaan rakennuspaikalle yleensä uittamalla.

Huonosti kantavat ja pehmeät maakerrokset on poistettava arkun tai kasuunin alta. Alusta tasataan 20...40 cm paksulla murske- tai sorakerroksella vaakasuoraksi. Tätä paksummat massanvaihtotäytöt sekä paaluperustukset tehdään erillissuunnitelman mukaisesti. Alustan suurimmat sallitut epätasaisuudet ovat +0 ja -10 cm.

Jos arkkurakenne perustetaan kallion varaan, on kalteva kallion pinta louhittava ennalta vaakasuoraksi tai porrastettava ja tasattava sora- tai mursketäytetty käyttäen, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty.

Kallion varaan perustettava kasuuni tuetaan oikeaan asentoon, minkä jälkeen kasuunin pohjan ja kallion välinen tila täytetään betonilla. Kallion pinta on louhittava ennakolta vaakasuoraksi tai porrastettava, ja rakenne muotoiltava pohjan mukaiseksi, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty.

Arkku tai kasuuni täytetään suunnitelman mukaisesti karkealla kivitäytteellä (lohkareilla) tai betonilla.

Ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty, tehdään arkun tai kasuunin ympäristäytö alkuperäisen pohjamaan tasoon soralla. Mahdolliset eroosiosuojaukset määrätään suunnitelmassa.

### 1.3 Maankaivu

#### 1.3.1 Peruskuopan luiskaaminen

Maaperän ollessa hyvin koossapysyvää voidaan peruskuoppa kaivaa pohjavedenpinnan yläpuolella usein ilman tukiseiniä. Luiskattuja kaivantoja kaivettaessa tulee kaivantopoikkileikkaus valita siten, että saavutetaan riittävä varmuus kaivannon luiskien sortumista ja pohjannousua vastaan (paikallinen sortuma) sekä kaivantoa ympäröivässä maastossa tapahtuvaa laaja-alaista sortumaa vastaan.

Kaivannon luiskan mitoituksessa on otettava huomioon maakerrosten ominaisuuksien lisäksi luiskan korkeus, kuormitusolosuhteet, pinta- ja pohjavesieroosio sekä mahdollinen pohjavedenpinnan alentamistarve.

Kaivumassoja ei saa läjittää kaivannon reunan läheisyyteen. Kuormituksista vapaan reunavyöhykkeen leveys on tarvittaessa selvitettävä vakavuuslaskelmin. Tuke mattoman kaivannon reunan on aina oltava 0,5 m leveydeltä vapaa irtomaasta, kivistä ja muista vierivistä tai kaivannon reunan sortumisvaaraa aiheuttavista esineistä. Jos kaivutyö aiheuttaa ilmeisen vahingonvaaran lähellä sijaitseville rakenteille tai muuten vaarantaa yleistä turvallisuutta, on laadittava erillinen kaivantosuunnitelma.

O Luiskan pysyvyys karkearakeisissa maissa ja moreenissa riippuu maa-aineksen tehokkaasta kitkakulmasta ja koheesiosta. Näiden maala- jien tukemattomien luiskien ohjeellisina kaltevuuksina pohjavedenpinnan yläpuolella voidaan käyttää taulukossa 1 esitettyjä arvoja.



Taulukko 1

Tukemattoman maaluiskan ohjeellinen kaltevuus moreenissa ja karkearakeisissa maaleissa pohjavedenpinnan yläpuolella.

Maapohja	Kaivannon syvyys m		
	$H \leq 1,2$	$H=1,2-2,0$	$H > 2,0$
	Luiskan kaltevuus		
Löyhä ja keskitiivis hiekka Löyhä sora Löyhä moreeni	pysty-suora	$\leq 1:1$	$\leq 1:1-1:1,5$
Tiivis hiekka Keskitiivis sora Keskitiivis moreeni	pysty-suora	$\leq 2:1$	$\leq 1:1$
Tiivis sora Tiivis moreeni	pysty-suora	$\leq 4:1$	$\leq 2:1$

Savimaiden ja savisten silttimaiden kohdalla luiskan pysyvyys riippuu maa-aineksen leikkauslujuudesta ( $s_u$ ), joka voidaan määrittää esim. siipikairauksella. Savien ja savisten silttimaiden tukemattomien luiskien ohjeellisia kaltevuuksia on esitetty taulukossa 2. Leikkauslujuuden mitoitusarvoa valittaessa on tarvittaessa otettava huomioon määrittäslaitteen tai -tavan vaikutus. Kaivutason yläpuolella havaitut pienimmät lujuusarvot ovat tässä esitettyjä ohjearvoja käytettäessä määrittäviä. Käytettäessä luiskan kaltevuutta, joka on loivempi kuin 1:1, on otettava huomioon lujuus myös kaivannon pohjan alapuolella niissä kerroksissa, joihin liukupinnan voidaan otaksua ulottuvan.

Taulukko 2

Tukemattoman maaluiskan ohjeellinen kaltevuus savimaissa ja savisissa silttimaissa.

Suurin kaivussyvyys, m			Luiskan kaltevuus
Hyvin pehmeä savi $s_u = 7-10 \text{ kN/m}^2$	Pehmeä savi $s_u = 10-20 \text{ kN/m}^2$	Sitkeä savi $s_u > 20 \text{ kN/m}^2$	
	1,6	2,0	5:1
	1,7	2,5	3:1
	1,9	3,0	2:1
1,7	2,3	3,2	1:1
1,9	2,5	3,7	1:2
2,1	2,7	4,0	1:3



Taulukossa 2 esitetyt luiskan kaltevuudet on laskettu pienimmän leikkauslujuusarvon perusteella kussakin ryhmässä. Muilla lujuusarvoilla voidaan väliarvot interpoloida. Varmuuskertoimena on käytetty arvoa 1,3. Luiskan yläpuolisista kuormituksista on otaksuttu seuraavaa:

Hyvin pehmeä savi

- kaivumassoja ei ole 5 m lähempänä kaivannon reunaa
- 100...200 kN työkone, kauempana kuin 6 metrin etäisyydellä kaivannon reunasta.

Pehmeä savi

- kaivumassoja luiskan yläpuolella 5 kN/m<sup>2</sup> (~ 0,3 metrin kerros) tai
- 100 kN työkone, kauempana kuin 2 metrin etäisyydellä kaivannon reunasta tai
- 200 kN työkone, kauempana kuin 3,5 metrin etäisyydellä kaivannon reunasta.

Sitkeä savi

- kaivumassoja luiskan yläpuolella 25 kN/m<sup>2</sup> (noin 1,5 m kerros) tai
- 100 kN työkone, kauempana kuin 1,5 m etäisyydellä kaivannon reunasta tai
- 200 kN työkone, kauempana kuin 2 m etäisyydellä kaivannon reunasta.

Tässä esitettyjä luiskan kaltevuuksia tulee loiventaa tai on ryhdyttävä kaivannon tukemistoimenpiteisiin häiriintymisherkissä savissa ja liejuisissa maalajeissa, jotka voivat helposti menettää osan lujuudestaan esim. liikenteen, louhinnan tai paalutuksen aiheuttaman värinän vaikutuksesta.

Luiskan kaltevuutta valittaessa tulee pyrkiä ottamaan maalajin lisäksi huomioon olosuhdetekijäin vaikutus. Pitkäaikaiset sateet, pintavedet, kuivuminen, roudan sulaminen tai pohjavedenpaine voivat lisätä luiskan sortumisriskiä.

Talvella saattaa kaivanto pysyä auki ohjeellisia kaltevuuksia jyrkempänäkin. Routaan ei kuitenkaan pidä luottaa liikaa, koska sen alla olevat jäätyvät maakerrokset ovat säilyttäneet ominaisuutensa ja kaivannon seinien pysyvyys riippuu suurelta osin näiden kerrosten lujuudesta.

V

Kun peruskuoppa kaivetaan luiskattuna tulee kaivun alkuvaiheista lähtien seurata kaivettavien maalajien laatua ja kiinnittää huomiota varsinkin maaperän kerroksellisuuteen sekä pohjavedenpinnan asemaan ja pohjaveden

suotautumiseen. Kaivun edistyessä on seurattava luiskan liikkeitä ja varsinkin luiskan yläreunaan muodostuvia halkeamia, jotka ennakkoivat luiskan sortumaa. Mikäli tällaisia halkeamia esiintyy, on kaivu lopetettava heti ja harkittava mahdollisia tukemis- tai keventämistoimenpiteitä.

Valvonnan tulee huolehtia siitä, ettei peruskuopan luiskan reunavyöhykettä kuormiteta sellaisilla lisäkuormilla, esim. läjityksellä tai työkoneilla, joita kaivantosuunnitelmassa ei ole otettu huomioon.

### 1.32 Peruskuopan pohjan käsittely maan varaan perustettaessa

Maanvaraisille peruslaatoille perustettaessa on kaivutyöt järjestettävä siten, ettei maapohja pääse perustamistasossa ja sen alapuolella kaivun vuoksi löyhtymään. Kaivun ulottuessa lähelle perustamistasoa ( $\leq 0,5$  m) ei työkoneilla yleensä saa liikkua kaivualustalla, ellei maaperä ole karkeista kitkamaista muodostunut. Jotta kaivannon pohjalla liikkuminen, sateet ja mahdollinen jäätyminen eivät löyhdytä maapohjaa perustamistasossa, tulee loppukaivu suorittaa erillisenä työnä välittömästi ennen perustusten tekoa. Loppukaivu, joka maalajista riippuen on  $0,1 \dots 0,5$  m, tulee tehdä varovasti lapiotyönä tai konetyönä tasateräisellä kauhalla kaivinkoneen liikkussa kaivannon ulkopuolella.

Jos pohjan häiriintymistä todetaan, on kaivanto tehtävä tarvittavan paksuuden verran ylisyväksi ja sen suojaksi on levitettävä noin  $0,1 \dots 0,2$  m paksu sora-, murske- tai sepelikerros välittömästi sitä mukaa, kun kaivutyö edistyy. Tarvittaessa voidaan suodatinkeroksen alla käyttää suodatinkangasta. Suodatinkerros tiivistetään käsijuntalla tai kevyellä tärylevyllä. Suodatinkerros voidaan korvata noin  $0,1$  m paksulla alusbetonilaatalla, jonka alle tasataan pohjasuhteista riippuen ohut sora- tai hiekkakerros.

Ennen peruslaattojen valua on peruskuopan pohja tasoitettava. Esiinpistävät kallion särmit ja suuret irtokivet on louhittava tai poistettava vähintään  $0,3$  m perustamistason alapuolelle ja syntyneet kuopat täytettävä soralla, murskeella tai sepelillä ja tiivistettävä huolellisesti. Peruslaatan alla maa on tasattava vaakasuoraksi, ellei muuta suunnitelmassa ole esitetty. Maanvaraisen peruslaatan porrastaminen edellyttää suunnitelman muutosta.

Jäätymisalueen luonnonmaan varaan ei saa perustaa pysyviä rakenteita. Täytteen osalta talvityöohjeet on annettu kohdassa 3300/2. Rakennustyön aikana on maapohjan jäätyminen estettävä. Kaivannon pohja on talvella suojattava jäätymiseltä lämpöeristystä ja/tai lämmitystä käyttäen.



Talven ajaksi peruskuopat on täytettävä lopulliseen korkeuteensa, ellei käytetä lämpöeristeitä tai ryhdytä muihin toimenpiteisiin perusmaan sulana pitämiseksi.

O Kaivutyön ulottuessa pohjavedenpinnan alapuolelle voi rakennuskuopan pohjasta tai luiskasta nouseva vesi jo pienehkön virtauspaineen vallitessa aiheuttaa pohjavesierosiota ja rakennuspohjan löyhtymistä. Mikäli kaivua näissä olosuhteissa edelleen jatketaan, voi seurauksena olla kaivannon pohjan nousu tai sen nopea löyhtyminen.

V Jos peruskuopan pohjan todetaan löyhtyneen, ei perustuksia saa valaa häiriintyneen pohjamaan varaan ilman työnvalvojan lupaa. Häiriintymisen syy on selvitettävä ja tarkistettava perustamissuunnitelma. Tarvittaessa voidaan häiriintynyt maa poistaa. Kaivua jatkettaessa on pohjan löyhtymisen jatkuminen kaivun myötä yhä syvemmälle estettävä lisätoimenpitein, joina tulevat kysymykseen uraseinien käyttö (kohta 3200/1.11), pohjavedenpinnan alentaminen (kohta 3200/1.352) tai vedenalainen kaivutyö (kohta 3200/1.36).

### 1.33 Kaivutyön suorittaminen paaluille perustettaessa

Paalutettavia perustuksia varten tarvittavat kaivutyöt tehdään yleensä ennen paalujen lyömistä.

Jos kaivutyöt tehdään talvella, on huolehdittava siitä, ettei peruskuopan pohja pääse jäätymään.

O Mikäli työolosuhteet, esim. maapohjan pehmeys, talvityö, kaivannon vakavuus tai muut tekijät edellyttävät voi maankaivu tapahtua myös paalujen lyönnin jälkeen. Tällöin kaivu on tehtävä erityistä varovaisuutta noudattaen tarvittaessa lapiotyönä varoen vahingoittamasta jo lyötyjä paaluja. Rakennusjärjestelyin ja tarvittaessa tukiseiniä käyttäen on ehdottomasti estettävä pienetkin kaivannon luiskien liikkeet paalujen sivusiirtymisen ja pohjan nousun ehkäisemiseksi.

Luiskien pysyvyyttä arvioitaessa on huomattava, että paalutuksen aiheuttama värinä yleensä pienentää savi- ja silttimaalajien luonnontilaista lujuutta.

### 1.34 Kaivumassojen käyttö ja läjitys

Kaivumassat on käytettävä koko työkohde huomioonottaen edullisimmalla tavalla. Routivat maamassat voidaan sijoittaa esim. tiepenkereisiin ja routimattomat perustusten täyttöihin.



Kaivannon viereen läjitettäessä on otettava huomioon luiskankin sortumisvaara ja massat on sijoitettava vähintään kohdassa 3200/1.31 esitettyjen vähimmäisetäisyyksien päähän kaivannon reunasta. Muutoinkin on kaivumassojen läjityksessä otettava huomioon, ettei sillä aiheuteta vahingonvaaraa läjitysalueella.

Kaivumassoja ei saa läjittää vesistöön, ellei suunnitelmassa tai vesioikeuden lupapäätöksessä ole muuta esitetty.

1.35 Peruskuopan kuivanapito ja työnaikaiset eroosiosuojaukset

1.351 Avokuopasta pumppaaminen

Kaivannon ulottuessa pohjavedenpinnan alapuolelle suoritetaan hyvin koossapysyvässä ja huonosti vettä-läpäisevässä pohjamaassa (savi, tiivis pohjamoreeni) kuivanapito useimmiten suoraan kaivannosta pumppamalla. Kaivannon pohja ei saa löyhtyä kuivanapidon yhteydessä. Myös karkeissa kitkamaissa voidaan pumpaus suorittaa suoraan kaivannosta, mikäli pumppauskapasiteetti on riittävä ja haitallisen eroosion tai hydraulisen murtumisen vaaraa ei ole olemassa. Pitempien työnaikaisten keskeytysten ajaksi on kaivanto täytettävä vedellä vähintään pohjaveden pinnan tasoon asti.

Mikäli kaivutyön aikana todetaan kaivannon pohjan löyhtyvän avokuopasta pumpattaessa, eikä tätä voida estää uraseinien tai suodatinkerrosten käytöllä, on kaivutyö tehtävä vedenalaisena työnä.

O Pumppauskuopat on pyrittävä sijoittamaan riittävän syvinä peruslaatan ulkopuolelle ja johtamaan vesi niihin perustusten ulkopuolella kiertävillä ojilla. Pumppauskuopat on suotavaa varustaa suojarengailla. Pumppauskuoppien ja -kaivojen ympärille on eroosioherkissä maalajeissa tehtävä suodatinkerros, joka estää maa-aineksen kulkeutumisen pumpattavan veden mukana.

Kaivantoon tuleva vesi pyrkii myös usein löyhdyttämään ja syövyttämään luiskankin juurta pumpattaessa vettä suoraan avokaivannosta. Luiskankin vakavuuden parantamiseksi ja kaivannon pohjasta nousevan veden virtauspaineen sekä pumpattavan vesimäärän pienentämiseksi on kaivanto tarvittaessa ympäröitävä uraseinillä. Vesimäärän rajoittamiseksi on uraseinät, mikäli mahdollista ulotettava tiiviiseen, vettä-läpäisemättömään tai vähän vettä-läpäisevään maakerrokseen (esim. pohjamoreeniin).

Eroosioherkissä maalajeissa, kuten hienohiekka, siltti ja eräät moreenit, on virtaavan veden aiheuttaman peruskuopan pohjan löyhtymisen estämiseksi tehtävä kaivannon pohjalle perustamistason alapuolelle suodatinkerros, jonka kautta vesi johdetaan pumpauskuoppiin tai -kaivoihin. Suodatinkerroksen kokoonpano riippuu pohjamaan rakenisuudesta ja veden virtauspaineesta. Suodatin kerros on tehtävä ottaen huomioon pohjasuhteet tarvittaessa vedenlaisena työnä. Jos pohjamaa käsittää hiekkaa hienompia aineksia, voidaan käyttää ylhäältäpäin lukien seuraavia suodatinkerroksia

- 0,15...0,3 m soraa tai mursketta
- 0,1...0,15 m hiekkaa.

Suodatinkerros tiivistetään käsijuntalla tai kevyellä tärylevyllä.

Suodatinhiekka voidaan korvata keskivahvalla suodatinkankaalla (käyttöluokka II-III), jonka päälle levitetään ja tiivistetään noin 0,2...0,3 m soraa tai mursketta. Mikäli kaivutyö tehdään vedenalaisena työnä, on suodatinkerroksen rakenne määrättävä erikseen.

#### 1.352 Pohjavedenpinnan alentaminen

Avokuopasta pumppaamisen sijasta alennetaan pohjavedenpinta eräissä tapauksissa peruskuopan ympärille sijoitetuista suodatinputkista tai putkikaivoista pumppaamalla. Toimenpiteen edellytyksenä on, että pohjasuhteet ja maaperän vedenläpäisevyys on selvitetty luotettavilla pohjatutkimuksilla ja suunnitelma laadittu asiantuntijan toimesta. Työn toteuttajalla on oltava tarvittava erikoiskalusto ja kokemusta alantoista.

- 0 Pohjavedenpinnan alentaminen voidaan suorittaa seuraavia menetelmiä käyttäen
- suodatinputkikaivot, painovoimainen pohjavedenalennusmenetelmä
  - siiviläputkisto tyhjiömenetelmällä.

Painovoimainen pohjavedenalennusmenetelmä soveltuu hyvin vettä läpäiseviin karkeisiin hiekkamaalajeihin.

Putkisto muodostuu  $\phi$  30...80 cm työputkea käyttäen maahan 5...15 m etäisyydelle toisistaan upotettavista ( $\phi$  15...20 cm) siiviläputkista sekä näiden sisään asennettavista ( $\phi$  5...10 cm) imuputkista. Työputken ja siiviläputken väli täytetään suodatin sorakeroksella ennen työputken ylösnostoa. Putkisto on upotettava riittävästi kaivutason alapuolelle ottaen huomioon vedenpinnan "kaareutuminen". Painovoimaisella pohjave-



denalennusmenetelmällä pohjavedenpintaa ei yleensä voida alentaa riittävästi yli 4 m alkuperäisen pohjavedenpinnan alapuolelle ulottuvassa kaivannossa ilman imuputkiston porrastamista eri tasoille.

Tyhjiömenetelmässä veden virtausta tehostetaan pitämällä putkistossa jatkuva alipaine. Tyhjiömenetelmää voidaan käyttää siltti-hienohiekkamaalajeissa. Lämpimitaltaan  $\varnothing$  40...50 mm imuputket upotetaan maahan noin 1...3 m välein yleensä vesihuuhtelua käyttäen. Vesihuuhtelun ansiosta syntyy imukärjen ympärille  $\varnothing$  25...30 cm reikä, joka hienohiekka- ja silttimaalajeissa täytetään alaosastaan suodatinsoralla tai -hiekkalla. Imuputken siiviläosan pituus on 1...2 m. Imuputken asennusreikä on tiivistettävä yläosastaan savella riittävän ilmatiiveyden saavuttamiseksi.

Tyhjiömenetelmällä voidaan yhdessä työvaiheessa alentaa pohjavedenpintaa enintään 4...5 m pumpun imuaukosta mitattuna. Vedenpinnan aleneminen vie aikaa 1...2 viikkoa olosuhteista ja laitteistosta riippuen.

Pohjavedenalennustöiden yhteydessä on etukäteen asennettava tarvittava määrä pohjavedenpinnan tarkkailuputkia, joista ympäristön vedenpinnan korkeutta voidaan työn aikana tarkkailla.

Rakennustyön aikana tapahtuva lyhytaikainen pohjavedenpinnan alentaminen ei yleensä vaikuta haitallisesti ympäristöön. Pitkäaikainen pohjavedenpinnan alentaminen voi aiheuttaa ympäristössä maan varaan perustettujen rakenteiden painumista, puisten perustusrakenteiden lahoamista ja kasvillisuuden vahingoittumista.

### 1.36 Vedenalainen kaivutyö

Vedenalaisessa kaivutyössä vedenpinta on kaivannossa pidettävä vähintään ympäröivän vedenpinnan tasossa. Pohjan viimeistelyssä on soveltuvin osin noudatettava kohdassa 3200/1.32 annettuja ohjeita. Tarvittaessa on tasoituskerroksena käytettävä sepeliä tai karkeata soraa. Pohjan tarkastaminen on suoritettava luotettavalla menetelmällä ennen betonointia.

Pohjalaatta betonoidaan normaalisti vedenalaisena työnä.

0 Siltojen perustusten kaivutyöt on tehtävä vedenalaisena työnä seuraavissa tapauksissa:



- suuri vesisyvyys
- suuri vedentulo kaivantoon
- kaivannon pohjan hydraulinen murtumavaara kaivutyössä
- vedenpinta rakennustyön aikana korkeammalla kuin suunnitelmissa lähtöarvona käytetty
- kaivutyö suunniteltu tehtäväksi kuivatyönä, mutta kaivantoon purkautuva vesi aiheuttaa peruskuopan pohjan alaista eroosiota eikä veden virtausta haluta tai kyettä estämään seinämä- ym. vastaavilla rakenteilla.

Betonin saavutettua riittävän lujuuden voidaan vesi tarvittaessa poistaa tiivisseinäisestä kaivannosta ennen töiden jatkamista. Tällöin on tarkistettava, vastaako työnaikainen vesipinta suunnitelmassa edellytettyä. Jos vedenpinnan korkeus on suunnitelmassa laskenta-arvona käytettyä korkeammalla, on ponttiseinän tuetussa kaivannossa ennen veden poistoa tarkistettava, että riittävä varmuus pohjalaatan ylösnousua vastaan on olemassa.

O Tarkistus voidaan suorittaa seuraavasti:

$$F = \frac{G}{A \times H_w \times \gamma_w}, \text{ missä}$$

- $F$  = vaadittu varmuuskerroin ( $> 1,0$ )  
 $G$  = pohjalaatan paino vedenpinnan yläpuolella (kN)  
 $\gamma_w$  = veden tilavuuspaino (10 kN/m<sup>3</sup>)  
 $A$  = pohjalaatan pinta-ala (m<sup>2</sup>)  
 $H_w$  = vedenpinnan ja pohjalaatan alapinnan välinen korkeusero (m)

Mikäli hydraulista murtumavaaraa ei ole olemassa, voidaan sisäisen eroosion ehkäisemiseksi vedenalaisena kaivutyönä tehdyn kaivannon pohjalle tehdä soratai sepelisuodatinkerros, tyhjentää peruskuoppa vedestä ja valaa peruslaatta kuivatyönä.

## 2. LOUHINTATYÖT

### 2.1 Yleistä

Kallioulouhintatyöt suoritetaan suunnitelmapiirustuksissa ja työkohtaisessa työselityksessä esitetyjä työmenetelmiä noudattaen.

Louhintatöitä toteutettaessa on noudatettava SYT 3000 kohdassa 1.4 esitetyjä lakeja, asetuksia ja järjestysohjeita.

Louhintatyöt on suoritettava siten, että niistä ei aiheudu ympäristölle vahinkoa, kohtuutonta haittaa

tai häiriötä. Vahinkoa aiheuttavina tekijöinä tulee ottaa huomioon louhemassojen heitto, kivien sinkoutuminen, värinävaikutukset, melu, pölyäminen ja ilmanpaine. Erityisesti tulee kiinnittää huomio kivien sinkoutumisen sekä räjäytyksessä syntyvän värinän ja ilmanpaineen aiheuttamaan vahingonvaaraan.

- O Kivien sinkoutuminen estetään peittämällä räjäytyskohde riittävän lujilla peitteillä esim. teollisuushuovilla. Värinä- ja ilmanpainevahingot voidaan välttää valitsemalla oikea panostus- ja sytytystapa. Vaativissa kohteissa tulee louhintasuunnittelussa käyttää apuna louhinta-alan asiantuntijoita.

Räjäytystyössä tulee noudattaa tienrakennustöiden yleisen työselityksen osassa 1400 kohdassa "Liikenne" sähkönnallien käytöstä annettuja ohjeita.

- V Ennen lounintatöiden aloittamista on suoritettava tarvittaessa katselmuksot riittävän laajalla alueella ympäristön rakennuksissa, rakenteissa yms. vallitsevan tilanteen toteutiseksi ja niissä tulee olla mukana sopimuspuolten lisäksi katselmukskohteen omistaja tai hänen valtuuttamansa edustaja. Louhintatöiden päätyttyä pidetään jälkikatselmuksot, joissa todetaan töiden mahdollisesti aiheuttamat vauriot.

Työn aikana tulee suorittaa tarpeen mukaan louhintakohteen ympäristössä värinän, ilmanpaineen ja melun mittauksia. Mittausten ja tarkkailun laajuus määritetään arvioidun louhinnasta syntyvän haittavaikutuksen perusteella.

Louhintatöitä suoritettaessa on noudatettava ehdottoman tarkasti työturvallisuus- ym. säädöksiä.

## 2.2 Louhinta

### 2.21 Kalliopinnan paljastaminen

Kallion päällä oleva maakerros poistetaan suunnitelmien mukaisia louhintamittoja leveämmältä alueelta niin, että kallioleikkauksen yläreunassa on vaakasuoraa paljastettua kalliopintaa riittävästi. Maankaivu suoritetaan kohdassa 3200/1.31 annettuja ohjeita noudattaen. Tarvittaessa maaluiskat tuetaan.

- O Ohjeellisena kallioleikkauksen yläreunassa olevan paljastetun osuuden leveytenä voidaan pitää 1,5 m teoteettisesta louhintaseinämästä lukien.

Maakerros on poistettava sellaisella tarkkuudella, että louheen joukkoon jäävä irt-



maa ei vaikeuta kallionpinnan puhdistamista eikä louheen tulevaa käyttöä.

## 2.22 Seinämien ja pohjien louhinta

### 2.221 Louhintatavat

Louhinta tulee suunnitella ja suorittaa siten, että lopputulos on asetettujen vaatimusten mukainen.

Louhintatyöstä on laadittava räjäytyssuunnitelma ottaen huomioon louhintakohteen kallion laatu ja muut louhintaan vaikuttavat tekijät.

O Räjäytyssuunnitelmassa tulee esittää mm. käytettävät räjähdysaineet ja -välitteet, porareikien sijoitus (etenemät, reikävälit) ja pohjan taso, panostustapa ja panosten sytytysjärjestys. Tarvittaessa on syytä suorittaa koeräjäytyksiä oikeiden menetelmien määrittelemiseksi.

Porauksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota porareikien oikeaan suuntaukseen ja syvyyteen. Poraus suoritetaan betonirakenteiden työvarat huomioonottaen mahdollisimman tarkasti leikkauksen seinämien teoreettisten tasojen mukaisesti.

Leikkauspintojen ja pohjien louhinta suoritetaan yleensä tarkkuuslouhintana jälkilouhinta- tai raonräjäytysmenetelmää käyttäen.

V Ennen louhintatyöiden aloittamista laadittava räjäytyssuunnitelma tulee esittää valvojalle. Työn suoritusta valvotaan mittauksin (porareikien etenemät, reikävälit, syvyydet) ja seuraamalla eri työvaiheita (käytettävät räjähdysainemäärät, nallitus).

### 2.222 Seinämien louhinta

Louhinta tulee tehdä seinien pysyvyyden kannalta sopivaa menetelmää käyttäen. Seinien kaltevuutta valittaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota kallion rakoiluun. Yleensä seinät pyritään tekemään mahdollisimman pystysuoriksi.

Kohteissa, joissa silta perustetaan leikkauksen seinän päälle, tulee leikkauseinä ja sen läheisyydessä oleva kallio-osa paikalleen jäävän kallion rikkoitumisen estämiseksi louhia erittäin varovasti. Näissä tapauksissa on seinän louhintatoleranssi + 200 mm.

O Kalliroleikkauksen seinälinja porataan teoreettisen seinätason mukaisena ja seinän louhinta tapahtuu tarkkuuslouhintana. Valmiissa seinässä tulee porareikien taustojen yleensä olla näkyvissä. Teoreettisesta ta-



sosta sisäänpäin olevia kalliokärkiä ("kovia") ei sallita.

## 2.223 Pohjien louhinta

Kallioleikkausten pohjat louhitaan suunnitelmapiirustusten mukaiseen muotoon ja korkeusasemaan.

- O Pohjien saamiseksi tasaiseksi ja ohiporauksen pienentämiseksi on syytä käyttää pohjissa normaalia tiheämpää reikäväliä. Poraus voidaan suorittaa myös vaakaporauksena, jos tämä on työteknilisesti mahdollista.

Louhintatoleranssi pohjissa on yleensä -200 mm. Teoreettisen pohjatason yläpuolelle ei yleensä saa nousta kalliokohoumia. Liian syvälle louhitut pohjat täytetään betonilla työkohtaisen työselityksen ja piirustusten mukaisesti.

- V Työn kuluessa seurataan poraussyvyyttä mittaamalla porauksen jälkeen porareikien syvyyksiä mittakepillä. Jos porausreiät ovat yli pitkiä, tulee huolehtia siitä, että pannonstusta ei niissä uloteta reiän pohjaan saakka.

## 2.23 Louhitun pinnan viimeistely

Louheen kuormauksen yhteydessä suoritetaan seinien rusnaus kankia tai paineilmasarjaa käyttäen. Irtonaiset lohkarit, joita ei saada poistetuiksi rusnaamalla, poistetaan lisälouhinnalla tai ne voidaan kiinnittää kalliopultein.

Leikkauspohjista poistetaan kaikki ritonainen aine kiinteään kallioon saakka. Valmiista pinnasta irrotetaan yleensä sellainen materiaali, joka lähtee irti kangella tai paineilmasaralla.

Rakenteita vasten tulevat louhitut pinnat huuhdotaan puhtaiksi vähintään 0,4 MN/m<sup>2</sup> painevesisuihkulla.

- V Louhitun pinnan laatua arvostellaan yleensä silmämääräisten havaintojen ja teräskangen antaman koputusäänien perusteella. Olosuhteiden vaatiessa kallion laatua voidaan selvittää louhitun pinnan alapuolelta porauksen yhteydessä tehtävien havaintojen perusteella tai esim. kallonäyttekairauksin.

Mikäli kallon laatu osoittautuu puhdistuksen yhteydessä arvioitua huonommaksi, suoritetaan kalselmus, jonka perusteella määritellään jatkotoimenpiteet ja mahdolliset muutoksen suunnitelmiin.

## 2.24 Kallion lujitustyöt

Kalliorakenteiden lujitustyöt suoritetaan kallio-olohuhteiden niin vaatiessa louhinnan jälkeen erikseen tehdyn työkohtaisen suunnitelman mukaisesti. Tavallimmat kysymykseen tulevat lujitustyöt ovat pultitus, ruiskubetonointi ja injektointi.

## 2.3 Vedenalainen louhinta

### 2.31 Yleistä

Vedenalainen louhinta tulee kysymykseen vesialueilla yleensä kallioon ulotettavien perustusten peruskuoppien louhinnassa, rapautuneen tai rikkonaisen kallion poistossa ja pohjien tasoituksessa. Louhinta tapahtuu kohteesta riippuen vedenpinnalta käsin tai sukeltajatyönä.

Vedenalaisen louhinnan vaikutuksia arvioitaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota kohdassa 3200/2.1 esitettyistä häiriötekijöistä paineaaltoon ja meluun sekä vesialueen käyttöön koskeviin määräyksiin.

### 2.32 Louhintamenetelmät ja työtarkkuus

#### 2.321 Louhinta vedenpinnalta

Louhinta vedenpinnalta tapahtuu yleensä käyttäen menetelmää, jossa poraus ja panostus suoritetaan lautalta tai telineiltä ohjeusputken avulla. Ennen poraustyöhön ryhtymistä tulee kallionpinta puhdistaa työvarat huomioonottaen riittävän laajalta alueelta.

O Vaikka menetelmän käyttö ei edellytä välttämättä kallionpinnan paljastamista ennen louhintaa, on se kuitenkin syytä tehdä, jotta sen vaihteluista saadaan tarkka tieto louhintasuunnitelman laatimista ja louhinnan suorittamista varten.

#### 2.322 Louhinta sukeltajatyönä

Louhinta sukeltajatyönä tapahtuu yleensä siten, että sukeltaja suorittaa sekä porauksen että panostuksen. Kallionpinta tulee paljastaa ennen louhintatyöhön ryhtymistä riittävän laajalta alueelta.

Työtä suoritettaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota turvallisuuteen.

#### 2.323 Työtarkkuus

Arvioitaessa työvaroja ym. työn suoritukseen liittyviä tekijöitä, tulee ottaa huomioon, että työtarkkuus varsinkin sukeltajatyössä on yleensä huomattavasti huonompi kuin kuivatyössä.



Suoritettaessa poraustyötä on huolehdittava siitä, että poraus aloitetaan mahdollisimman tarkasti oikeasta paikasta. Tarpeetonta ylisyväksi louhintaa tulee välttää.

Ohiporauksen minimoimiseksi tulee reikäväli ja etu pyrkiä saamaan mahdollisimman pieneksi, ottaen kuitenkin huomioon, että dynamiitin räjähdysvälitys kasvaa vedessä huomattavasti.

Louhintatyön tarkkuus määritellään tarvittaessa työkohtaisessa työselityksessä tai suunnitelmapiirustuksissa kohteen erityispiirteiden mukaisesti.

### 2.33 Louhitun pinnan viimeistely vedenalaisena työnä

Louhitun pinnan puhdistus ja viimeistely tehdään louheen poiston jälkeen sukeltajatyönä.

- O Valmiista pinnasta poistetaan yleensä sellaiset irtonaiset lohkareet, jotka lähtevät irti kangella. Hienoaines poistetaan esim. mummutoimalla tai pumppuamalla.
- V Louhittu pinta tarkastetaan sukellustarkastuksena ja/tai teräskangen antaman koputussäänen perusteella. Tarvittaessa voidaan suorittaa tarkistuskairauksia.

### 2.4 Kalliolle perustaminen

Perustettaessa kalliolle on ennen rakennusteknillisiä töitä tarkistettava kallion laatu ja sen sijainti kallionpinnan puhdistamisen yhteydessä tai heti sen jälkeen suoritettavin mittauksin ja tarkastuksin SYT 3000 kohdan 2.3 mukaisesti. Tällöin tarkistetaan mm. kalliopinnan korkeusasema ja kaltevuussuhteet sekä kallion rakenne (rakotiheys, rakojen suunta, mahdollinen täytteisyyys ja täytteen laatu).

- O Tarkastuksissa ja mittauksissa tulee kiinnittää erityistä huomiota kohtiin, joissa:
  - rakenteet perustetaan leikkausten reunoille
  - kallion pinnalle tulee suuria vaakakuormia
  - kallion pinta on kalteva
  - perustamistaso on veden peitossa
  - kallio on laadultaan huonoa.

Tulevien perustusten alta poistetaan irtonaisen hienoaineksen lisäksi kaikki sellainen aines, joka lähtee pois rusnaamalla kankia tai paineilmasarjaa käyttäen.

Tavallisesti kallionpinta on louhittava vaakasuoraksi. Mikäli perustukseen kohdistuu pääasiassa pystysuoria kuormia, voidaan kallion pinta jättää tasoittamatta valvojan luvalla, jos kallion kaltevuus on pienempi kuin 15°.



V Suoritettujen tarkastusten ja mittausten perusteella tarkistetaan kalliolle sallitut mitoituskuormitukset ja toimenpiteet sekä muutetaan tarpeen vaatiessa työkohtaisia suunnitelmia.

Arvosteltaessa kallion laatua ja rusnaustyön sekä mahdollisen lujitustyön tarvetta kallion antaman koputusäänen perusteella tulee ottaa huomioon, että kalliosta löytyy paikoin irtonaisia kappaleita jatkuvasti yhä syvemmälle mentäessä. Ohjeellisena rusnaussyvyys, mitä syvemmälle ei kallion rakennetta tarkasti selvittämättä ole syytä mennä, voidaan pitää 0,3...0,5 m räjäyttämällä irroitetusta kallionpinnasta lukien.

### 3. UOMA- JA VÄYLÄTYÖT

#### 3.1 Uomien ja väylien perkaus

##### 3.11 Uomat

Perkaus ja kaivutyöt on tehtävä suunnitelman osoittamassa laajuudessa. Verhouksen vaatima lisäkaivu on otettava huomioon työnsuorituksessa. Kaivutyön tarkkuuden tulee olla sellainen, ettei luiskissa ole esteettisesti häiritseviä epätasaisuuksia. Yksittäinen poikkeama suunnitelmassa esitetyistä mitoista voi olla enintään  $\pm 10$  cm. Pohja ei kuitenkaan millään kohdalla saa olla suunniteltua tasoa ylempänä.

Läjitettäessä kaivumassoja uoman viereen on luiskakaltevuus selvitettävä etukäteen.

Uoman muoto on varmistettava työn jälkeen.

V Työn päätyttyä on riittävän monesta kohdasta tehtävällä luotauksella tai muulla vastaavalla tarkistustoimenpiteellä varmistauduttava siitä, että uoman muoto ja vesisyvyys ovat siltasuunnitelmassa esitetyn mukaiset, ja taarvittavat perkaukset ja ruoppaukset on tehty suunnitelmien mukaisesti.

##### 3.12 Väylät

Perkaus- ja ruoppaustyöt sekä kaivumassojen läjitys on tehtävä suunnitelman mukaisessa laajuudessa ja siinä esitettyjä määräyksiä noudattaen. Väylän pohja ei missään kohdassa saa olla suunniteltua tasoa ylempänä.

Työn päätyttyä on väylän muoto varmistettava haraamalla riittävän laajalla alueella.

V

Vene- ja uittoväylät

Vene- ja uittoväylien osalta vastaa haraus-työn suorittamisesta työn suorittaja. Työn suorittajan ja valvojan allekirjoittama harauspöytäkirja on liitettävä siltatyötä koskeviin asiakirjoihin.

Virallinen laivaväylä

Virallisen laivaväylän osalta on haraus aina tehtävä merenkulkuviranomaisen edustajan läsnäollessa. Työn suorittajan ja merenkulkuhallituksen edustajan allekirjoittama harauspöytäkirja liitetään siltatyötä koskeviin asiakirjoihin.

3.2

**Eroosiosuojaukset**

Luisuomissa ja keiloissa on eroosiosuojaus ulotettava jokiuomissa, järvissä ja puroissa uoman pohjasta alkaen vähintään 30 cm ylimmän vedenpinnan (HW) yläpuolelle.

Välitukien osalta on suojaukset ulotettava vähintään 3 m:n etäisyydelle perustuksen ulkopuolelle.

Eroosiosuojauksen laajuus ja rakenne määrätään aina suunnitelmassa. Jos suunnitelmassa on esitetty, että eroosiosuojaus tehdään tämän työselityksen mukaan, on rakenne alhaalta lukien seuraava:

RAKENNE A

Jokiuomat, purot, yms. ei aallokkoa, virtausnopeus  
alle 1 m/s

- hiekka (suodatinhiekkä, TYT)	15 cm
- karkea sora tai murske (max. raekoko 50-150 mm)	25 cm
yht.	40 cm

Pohjamaan ollessa hiekkä tai hiekkamoreenia, toimii eroosiosuojauksena pelkkä sora- tai murskekerros.

O

Hiekkakerroksen sijasta voidaan suodattimena käyttää työnvalvojan luvalla suodatinkangasta, jolloin sora- tai murskekerroksen pak-suuttaa tulee suurentaa harkinnan mukaan.



RAKENNE BEroosiosuojaus aallokkoa vastaan tai virtausnopeus  
1-2 m/s

Aallokkoa vastaan on eroosiosuojauksen rakenne alhaalta lukien seuraava:

- hiekka (suodatinhiekkä, TYT)	15 cm
- karkea sora tai murske (max. raekoko 50-150 mm)	25 cm
- louhe (max. raekoko 200-300 mm)	40 cm
Yht.	80 cm

Pohjamaan ollessa hiekkaa, hiekkamoreenia tai tätä karkeampaa ainesta, jätetään hiekkakerros pois. Pohjamaan ollessa soraa tai tätä vastaavaa moreenia muodostaa eroosiosuojauksen pelkkä louhekerros.

- O Suodatinkerrokset (hiekkä, sora, murske) voidaan korvata III-IV lujuusluokan suodatinkankaalla työnvalvojan ohjeiden mukaisesti, jolloin louhekerroksen paksuutta tulee suurentaa harkinnan mukaan.

Mikäli veden virtausnopeus on yli 2 m/s tai jään lähtö tai aallokko aiheuttaa erityisen suurta kulutusta, on suojauksen rakenne ja laajuus määritettävä erikseen työkohtaisessa työselityksessä tai suunnitelma-piirustuksissa.

3300

**MAARAKENTEET JA TÄYTTÖTYÖT**

1.

**MAAPATOTYÖT**

Maapato on suunniteltava ja rakennettava siten, että padon vakavuus sortumista vastaan on riittävä. Pato-materiaalin ja pohjamaan mahdollinen tiivistyminen ja siitä aiheutuvat painumat on myös otettava huomioon. Mikäli siltapaikalla tehtyt pohjatutkimukset eivät ulotu rakennettavan työpadon kohdalle, on suoritettava lisätutkimuksia pohjasuhteiden selvittämiseksi. Erityistä huomiota on kiinnitettävä padon alla samoin kuin padottavalla alueella olevien maakerrosten vedenläpäisevyyteen. Padon painumia ja mahdollisia vaurioita on seurattava rakennus- ja käyttöaikana, jotta ne voidaan korjata välittömästi.

- O Työpadot tehdään yleensä maapatoina. Maapatomateriaalina yleisin on moreeni, josta tehdään yleensä homogeeninen työpato (kuva 1A). Parhaiten maapadon rakentamiseen soveltuu hiekkamoreeni, jonka hienoainesmäärä ( $\leq 0,074$  mm) on vähintään 15 % aineksesta, joka läpäisee 6 mm:n seulan. Mikäli moreenin hienoainesmäärä on suuri ( $> 30$  %), saattaa varsinkin virtaavaan veteen pengertäminen olla vaikeata ja massameneikki teoreettista määrää suurempi. Runsaasti hienoainesta si-

sältävää ylikostea moreenia on korkeissa maapadoissa vältettävä työtekniillisistä ja padon vakavuuteen liittyvistä syistä. Padon pinta on yleensä verhoitava varsinkin "märrältä" puolelta pintavesieroosiota vastaan.

Louhetta voidaan käyttää maapatojen tukipenger materiaalina sekä luiskien verhoukseen. Käytettäessä louhetta tukipenkereenä rakennetaan vettäpidättävä tiiviste yleensä moreenista (kuva 1B).

Soraa käytetään lähinnä soudatinkerroksena. Louheen tai soran alla suodattimena voidaan tarvittaessa käyttää suodatinkangasta. Pie-nissä työpadoissa soraa ja karkeaa hiekkaa voidaan käyttää myös tukipenkereenä, jolloin suurehko kivipitoisuus on edullista.

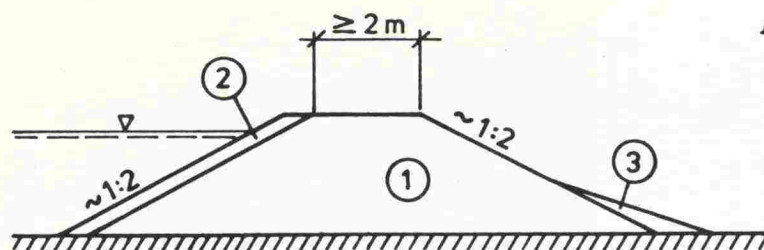
Padon harjan leveyden tulee aina olla vähintään 2 m. Siinä on lisäksi otettava huomioon mahdollisen työnaikaisen liikenteen vaatima tila. Padon tulee ulottua vähintään 0,5 m ylimmän rakennusaikaisen vedenpinnan yläpuolelle. Aallokon vaikutus on otettava huomioon padon korkeutta määrittäessä. Mikäli padolle johdetaan yleistä liikennettä, tulee sitä varten lisäksi rakentaa päällysrakenne routimattomista materiaaleista ottaen huomioon kantavuus- ja routivuusnäkökohdat.

Seisovaan veteen rakennetun moreenipadon luiska on noin 1:2 ja louheen noin 1:1,5. Virtaavaan veteen ajetun moreenin luiska saattaa tulla edellämainittua huomattavastikin loivemmaksi.

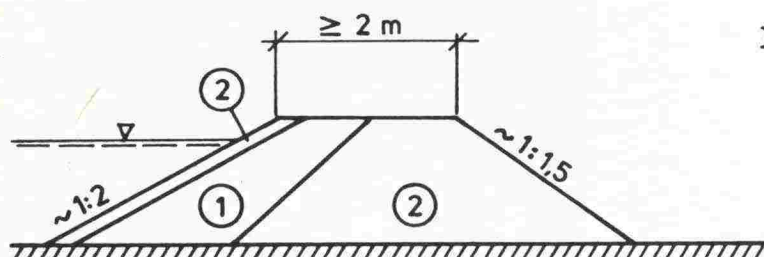
Jos työpato tehdään karkearakeiselle, vettä hyvin läpäisevälle maalle, tulee pohja tiivistää joko poistamalla läpäisevät kerrokset kaivamalla ja korvaamalla ne moreenilla sopivalta leveydeltä työpädon alta tai ulottamalla esim. puusta tehdy tiivistysseinä vettä hyvin läpäisevän kerroksen läpi (kuva 1C). Suotomatkan pidentämiseksi voidaan myös tehdä työpädon etupuolelle tiivistyskerros moreenista.

tarvittaessa on maapato ulotettava huonosti kantavien koheesiomaakerrostumien läpi kantavaan ja tiiviiseen pohjamaahan suorittamalla massanvahto kaivamalla ja/tai pengertämällä (kuva 1 D).

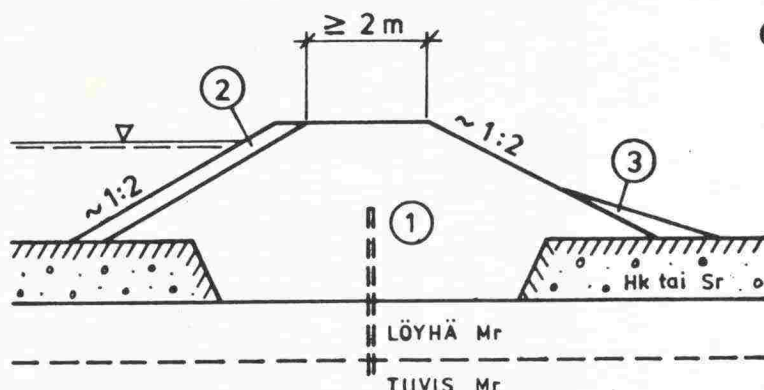




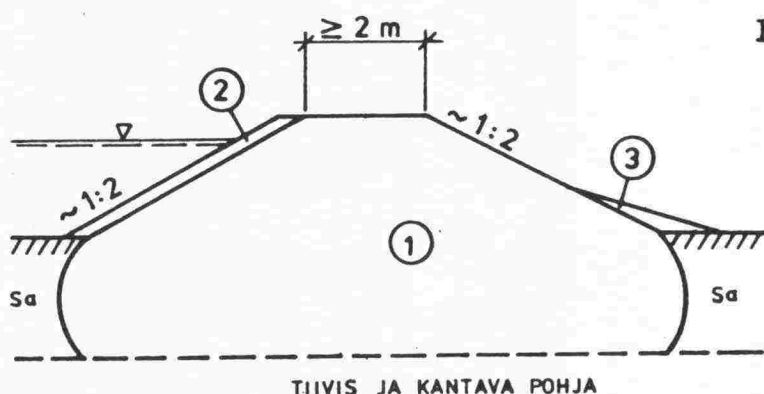
**A HOMOGEENINEN MOREENIPATO:**  
Kantava ja tiivis pohja. Tarvittaessa suodatin. Tarvittaessa suojaus louheella aaltoilua vastaan.



**B LOUHEPATO VARUSTETTUNA MOREENITIIVISTEELLÄ:**  
Kantava ja tiivis pohja. Tarvittaessa suojaus louheella aaltoilua vastaan.



**C HOMOGEENINEN MOREENIPATO:**  
Läpäisevä kantava pohja. Tiivistetään kaivamalla läpäisevä kerros pois ja korvaamalla moreenilla ja rakentamalla tarvittaessa tiivistysseinä. Tarvittaessa suodatin. Tarvittaessa suojaus louheella aaltoilua vastaan.



**D HOMOGEENINEN MOREENIPATO:**  
Pehmeä pohjamaa poistetaan kaivamalla ja/tai syrjäytetään karkealla moreenilla tiivistä ja kantavaa pohjaa myöten. Tarvittaessa suodatin. Tarvittaessa suojaus louheella aaltoilua vastaan.

- ① MOREENI (hiekkamoreeni)
- ② LOUHE
- ③ SUODATIN (sora)

Louheen ja suodattimen paksuus ja raekoko on määritettävä kussakin tapauksessa erikseen.

## TYÖPATOJEN POIKKILEIKKAUKSIA

V Maapatoon käytettävien materiaalien laatua tulee tarkkailla silmämääräisesti. Mikäli on syytä epäillä, ettei materiaali sekä vedenläpäisevyys- että veteenpengerrettävyyssominaisuudet huomioonottaen ole kelvollista maapatoon, on sen rakeisuus ja tarvittaessa vedenläpäisevyys selvitettävä.

Mikäli maapato ulotetaan huonosti kantavien koheesiomaakerrostumien läpi kantavaan pohjamaahan tekemällä massanvaihto pengertämällä, on padon tekoaikana sen muotoa ja syvyyttä tarkkailtava massanmenekkiä seuraamalla ja reunakairauksia tekemällä. Mikäli todetaan, ettei padon maanalainen muoto ole stabiili, esim. luiskat ovat jääneet "vajaksi", on patoa korottamalla tai reuna-ja/tai pohjaräjäytyksin pyrittävä tehostamaan massojen syrjäytymistä.

## 2. TÄYTTÖTYÖT

### 2.1 Perustamistason alapuoliset täyttötöyt

#### 2.11 Täytteen varaan perustaminen

Perustamistason alapuolella joudutaan suorittamaan täyttöä, jos siltatuki perustetaan penkereen varaan tai huonosti kantava pohjamaa korvataan perustusten alla kantavammalla täyttömateriaalilla (massanvaihto). Täyttö on, mikäli mahdollista, tehtävä lämpimänä vuodenaikana. Talvityössä on huolehdittava siitä, ettei peruskuopan pohja pääse jäätymään. Täyttö ja tiivistys on tehtävä keskeytyksettä ja täyttömateriaalin on oltava tiivistettäessä sulaa.

Täyttömateriaalina on käytettävä suhteistunutta, jakavan kerroksen vaatimukset täyttävää murskettua, murskesoraa tai soraa tienrakennustöiden yleisen työselityksen mukaisesti. Louheen käyttö on sallittua, jos tämä on esitetty suunnitelmassa. Lohkarekoko, tiivistys- ja muut työohjeet esitetään erikseen siltakohtaisessa työselityksessä.

Penkereen varaan perustettavien siltatukien alueella on ennen täyttötöitä poistettava maanpinnasta humusmaa ja muu kokoonpuristuva maa-aines sekä routarajan yläpuolelle jäävät routivat kerrokset. Alustan korkeuserot on tasattava, mikäli pohjan kaltevuus on suurempi kuin 1:3 ja korkeusero suurempi kuin 0,5 m. Jos pohjamaassa on kiviä, jotka ulottuvat yli 2/3 alimman tiivistettävän kerroksen paksuuden verran pohjan yläpuolelle tai 0,5 m lähemmäksi perustamistasoa, on kivet rikottava tai poistettava ja syntyneet kuopat täytettävä ja tiivistettävä ennen pengerrystöitä. Kalliolle tehtävissä täytöissä on pinta tasattava betonilla siten, ettei routarajan yläpuolelle jää vettä



kerääviä painanteita. Kallion pinta ei saa ulottua 0,3 m lähemmäksi perustamistasoa.

Täyttö on tehtävä kerroksittain ja tiivistys suoritettava erittäin huolellisesti. Ohjeellinen kerrospaksuus on 50 kN täryjyrällä 40 cm ja 80 kN täryjyrällä 50...60 cm sekä jyräyskertojen vähimmäismäärä 5...6. Pohjamaan ollessa häiriintymisherkkää savea, silttiä tai silttimoreenia, on alimman kerroksen tiivistämisessä vältettävä täryttämistä pohjan löyhtymisen estämiseksi. Talvityössä on tiivistys tehtävä mahdollisimman raskasta jyrää käyttäen. Yleensä joudutaan talvityössä kerrospaksuuksia ohentamaan 30...60 %. Täytteen pinta on suojattava lumisateelta suojapeitteellä sekä routaantumiselta.

Tilan puutteen takia voidaan erityisesti peruskuoppien täytössä täryjyrien sijasta tiivistys suorittaa tärylevyä tai täryjunttaa käyttäen. Kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus on tiivistyskaluston tehokkuudesta riippuen 20...40 cm ja tiivistyskertojen vähimmäismäärä 4...5. Tiivistystyö on suoritettava kastelua käyttäen lähellä tiivistettävän materiaalin optimivesipitoisuutta. Karkeissa täyttömateriaaleissa voidaan käyttää runsasta kastelua, välttämällä kuitenkin virtaavan veden aiheuttamaa täytemateriaalin lajittumista ja kaivannon pohjan liettymistä (hienorakeiset maalajit). Talvityössä ei veden käyttö ole sallittua jäätymisvaaran vuoksi.

Täyttötyöt on yleensä tehtävä kuivatyönä riittävän tiiviiden saavuttamiseksi, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty.

V Tiivistystyön valvonta tapahtuu työmenetelmätarkkailuna, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty. Tällöin tulee kiinnittää huomiota siihen, että täytemateriaalin laatu, vesipitoisuus, tiivistyskertojen määrä ja kerrospaksuudet vastaavat työlle asetettuja vaatimuksia ja työohjeita. Mikäli suunnitelmassa on erikseen mainittu tulee suorittaa kantavuuskokeita. Levykuormituskokeen arvon  $E_2$  kesk. tulee olla vähintään  $175 \text{ MN/m}^2$  ja suhteen  $E_2/E_1$  kesk.  $\leq 2,2$ . Täytteen yläpinnan suurin sallittu poikkeama on paikalla valettavien perustusten osalla  $\pm 20 \text{ mm}$ , ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty. Elementtiperustusten osalta poikkeamat on esitetty elementtisiltatyypin käyttöohjeissa.

## 2.12 Täyttötyöt paaluperustuksia käytettäessä

Paalutettujen anturoiden alle tulevat täytöt on tehtävä niin, ettei anturan valuaikana tapahdu haitallisia painumia ja että paaluperustukset eivät täytteen liikkeiden johdosta saa lisärasituksia.

Mikäli paalut joudutaan lyömaan (penger) täytteen läpi, on täyttömateriaalina käytettävä karkeata hiekkaa tai soraa (max. raekoko 100 mm), ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty. Tiiviysvaatimukset määräytyvät yleensä pengertäytteelle asetettujen vaatimusten mukaisesti.

## 2.2

### Perustamistason yläpuoliset täyttöt

Ellei suunnitelmassa toisin mainita, on peruskuopat täytettävä luonnollisen maanpinnan tai tien pinnan tasoon saakka. Aina on varottava täyttämästä vesioikeuden lupapäätöksen edellyttämää vesiaukkoa. Vesistösiltojen osalla on uoman poikkileikkausmuoto varmistettava työn päätyttyä kohdassa 3200/3.1 annettujen ohjeiden mukaisesti.

Täyttömateriaalin on oltava routimatonta, ellei suunnitelmassa toisin esitetä. Täyttö on suoritettava huolella ja sellaista materiaalia käyttäen, ettei betonipintoja ja niiden mahdollista kosteuseristystä vahingoiteta. Kun peruskuopan päälle tulee osittainkin tie, rautatie tai katu, on täyte tiivistettävä kerroksittain ao. rakenteen pengertäytölle asetettuja vaatimuksia vastaavaan tiiveyteen.

Myös niillä osilla, missä telineet tuetaan valuvaiheessa maata vasten, on täytteen tiivistys tehtävä huolellisesti painumien välttämiseksi.

Tiivistykseen voidaan käyttää kevyitä täryjyriä, tärylevyjä tai täryjunttia. Täyttö ja tiivistys on suoritettava tasaisesti rakenteen kaikilta sivuilta varoen vahingoittamasta perusrakenteita.

Veden alla on käytettävä karkearakeista täytettä. Eroosiosuojaus tehdään kohdassa 3200/3.2 esitettyjen työohjeiden mukaisesti.

## 2.21

### Sillan taustan täyttö

Työ tehdään tienrakennustöiden yleisen työselityksen osan 1500 kohdassa "sillan taustan täyttö" annettuja ohjeita ja määräyksiä noudattaen.

Mikäli sillan maatuot eivät toimi erillisenä rakenteena, vaan jäykän siltarakenteen osana (kehäsillat, ulokelaattasillat jne.) ei täytteen korkeusero sillan eri puolilla saa nousta kerralla tiivistettävän kerroksen paksuutta (enintään 0,5 m) suuremmaksi, ellei suunnitelmassa ole toisin esitetty. Tien poikkisuunnassa on täytekerrokset pyrittävä tekemään vaakasuoriksi.

Siltasuunnitelmassa voidaan antaa muita tai edellisestä poikkeavia sillan taustan täyttöä koskevia yksityiskohtaisia ohjeita ja määräyksiä.



- V Sillan taustatäytön tiivistystyön valvonta tapahtuu työmenetelmätarkkailuna, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty.

### 3. MAAPOHJAN VAHVISTUSTYÖT

#### 3.1 Tiivistyspaalutus

Tiivistyspaaluina voidaan käyttää puu- tai teräsbetonipaaluja.

Jos puupaalut hyväksytään suunnitelmassa jätettäväksi pohjavedenpinnan yläpuolelle, on niiden oltava painekyllästettyä puuta.

Tiivistyspaalutus soveltuu löyhien hyvin vettäläpäisevien hiekka- ja soramaalajien tiivistämiseen. Ellei suunnitelmassa ole toisin määrätty, lyödään paalut suunniteltuun syvyyteen kahdessa vaiheessa, jolloin aluksi lyödään tasavälein puolet suunnitellusta paalumäärästä ja toisessa vaiheessa näiden väliin täydennyspaalut.

Paalutus aloitetaan tiivistettävän alueen reunoilta. Viimeksi lyödään keskimmäiset paalut. Paalujen yläpääät jätetään noin 0,5 m perustamistason alapuolelle. Paalujen yläpäiden ja peruslaatan välinen välikerros on tehtävä sorasta, murskesorasta tai murskeesta. Kerros on tiivistettävä huolellisesti. Tiiviysvaatimukset ovat samat kuin kohdassa 3300/2.11 perustamistason alapuoliselle täyttötyölle on esitetty.

Mikäli paalujen yläpäiden ja peruslaatan välinen kerros on soraa, voidaan paalut lyödä apupaalua käyttäen 0,5 m perustamistason alapuolelle. Muodostuneet paalureiät täytetään soralla ja paalujen päälle tuleva kerros tiivistetään huolellisesti.

Siltasuunnitelmassa voidaan antaa muita tai edellisestä poikkeavia tiivistyspaalutusta koskevia yksityiskohtaisia määräyksiä.

- O Tiivistyspaalujen pituus määräytyy tiivistettävän kerroksen paksuuden perusteella. Paalujen alapääät jätetään noin 0,3...0,5 m tiivistettävän kerroksen alarajaa ylemmäksi. Muussa tapauksessa voi osa paaluista toimia tukipaaluina, jolloin syntyy epätasaisia painumia.

Paalutustyön vaikutus maan kantavuuteen tulisi tarkistaa paalutustyön aikana ja sen jälkeen tehtävin tutkimuksin, esim. painokairauksien ja paalujen lyöntivastusten avulla. Tulosten perusteella voidaan harkita lyötävien paalujen lisäämistä tai vähentämistä.

## 3.2

**Maapohjan injektointi**

Injektointityössä maan huokostila täytetään nestemäisellä sideaineella, joka myöhemmin kovettuu maarakeita yhteen sitovaksi aineeksi. Injektointia käytetään maapohjan lujittamiseen ja/tai maan vesitiiviyyden parantamiseen. Injektointityö on tehtävä siten, ettei se aiheuta rakenteiden liikettä tai maan kohoamista. Injektointityöstä on aina laadittava työkohtainen suunnitelma. Suunnittelussa on otettava huomioon käytettävien aineiden aiheuttamat ympäristöhaitat.

O Injektointiseoksen sideaineena voidaan käyttää:

- sementtiä
- natriumsilikaattia (vesilasiasia) ja muita kemiallisia injektointiaineita.

Hiekka- ja soramaalajeissa voidaan käyttää sementti- tai vesilasi-injektointia. Sementti-injektointia käytettäessä on maa-aineksen keskiläpimitan ( $d_{50}$ ) oltava vähintään 1,5 mm. Käytettäessä sideaineena vesilasiasia saa 0,1 mm pienempien rakeiden määrä olla enintään 10 % ja vastaavasti 1 mm pienempiä rakeita on oltava vähintään 10 %. Sementti- ja vesilasi-injektointi lisää oikein toteutettuna sekä pohjamaan lujuutta että myös sen vesitiiviyyttä.

Maan vesitiiviyyttä voidaan parantaa käyttämällä lisäaineena bentoniittia sekä erilaisia kemiallisia sideaineita, joita voidaan käyttää myös karkeissa silttimaalajeissa.

V

Injektointityön suoritus ja valvonta on tehtävä erityisen huolellisesti. Injektointiputkien asennusvaiheesta on laadittava pöytäkirjat, joihin merkitään tiedot maalajeista, lohkarista, pohjavedenpinnan asemasta sekä injektointiputkien asemasta ja asennussyvyyksistä. Maalajiteidot ja putkien asennussyvyyydet on merkittävä myös injektointilinjalta laadittuun leikkauspiirustukseen.

Injektointityön aikana on valvottava massamenekkiä ja injektointipainetta. Tiedot kirjataan injektointipöytäkirjaan. Seuraamalla jatkuvasti työn aikana injektointipainetta voidaan tehdä johtopäätökset työn onnistumisesta. Onnistuneessa injektoinnissa paine nousee tasaisesti työn kuluessa.

Massamenekin ja injektointipaineen ohella on tarkkailtava mahdollista maan kohoamista tai rakenteiden liikkeitä. Tämä voidaan suorittaa vaaitsemalla maahan etukäteen asennettujen korkeuskiintopisteiden liikkeitä injektointityön aikana. Injektointimassan tunkeu-



tumista voidaan seurata havaintoputkista, jotka asennetaan etukäteen maahan eri etäisyyksille injektointikohteesta.

### 3.3 Alusbetoni

Herkästi häiriintyvällä pohjamaalla (savi, siltti, silttimoreeni) voidaan pohjamaan häiriintymisen estämiseksi valaa kaivannon pohjalle välittömästi kaivutyön jälkeen 5...10 cm paksu alusbetonilaatta.

### 3.4 Lämpöeristeet

Lämpöeristeenä on käytettävä suulakepuristettuja solumuovilevyjä. Eristeen mitat, tyyppi ja laatu esitetään suunnitelmassa.

Ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty on levyt asennettava yhtenä kerroksena.

Lämpöeristeiden alla käytettävä tasaushiekkakerros on tiivistettävä varovasti.

V Jälkikutistuman pienentämiseksi on levyjen oltava riittävän kauan (1 kk) varastoituja ennen maahan asentamista.

Käytettävien levyjen laadun varmistamiseksi on valmistajan luovutettava valvojalle laatusite, josta ilmenee ainakin tilavuuspaino ja eristeen mitat. Tarvittaessa tulee pistokoeluonteisesti tarkkailla työkohteessa tuotteen laatua.

ISBN 951-47-1009-6

Lomaketyö Oy 1988